

## НАИВЫГОДНЕЙШАЯ ЕМКОСТЬ СКИПА

И. К. ХРУСТАЛЕВ

Вопросу выбора наивыгоднейшего поднимаемого груза посвящено много трудов наших советских ученых. Впервые глубокое исследование этого вопроса было проведено выдающимся ученым в области горной механики—академиком М. М. Федоровым в 1926 г. Положив в основу наименьшую сумму расходов по эксплуатации и погашению оборудования, М. М. Федоров получил сложное выражение для определения наивыгоднейшей емкости сосуда. Менее сложную зависимость получили в дальнейшем проф. В. И. Белов, а затем проф. Г. М. Еланчик и доц. В. Н. Киселев.

Член-корр. АН СССР проф. А. С. Ильичев разработал метод технико-экономического расчета подъемной установки по параметрам. Пользуясь этим методом, облегчается сравнение отдельных вариантов. Для сравнения вариантов при заданных высоте подъема и производительности шахты принимаются различные емкости сосудов и принимается такая наивыгоднейшая емкость, при которой имеет место наибольший к.п.д. установки и наименьший расход энергии [5].

Вопросу проектирования рационального ряда скипов для глубоких шахт посвящена работа доц. З. М. Федоровой [1]. Наибольшим применением при проектировании скиповых подъемных установок в настоящее время пользуются зависимости, полученные проф. Г. М. Еланчиком [2] и доц. В. Н. Киселевым [3; 4].

Проф. Г. М. Еланчик дает следующую формулу для определения наивыгоднейшего поднимаемого груза (наивыгоднейшей вместимости скипа):

$$A_{\text{час}} \frac{2,05 \sqrt{H+17}}{3600} \leq Q_n \leq A_{\text{час}} \frac{4\sqrt{H+9}}{3600}, \quad (1)$$

где  $A_{\text{час}}$  — часовая производительность подъема в  $m$ ,  
 $H$  — высота подъема в  $m$ ,  
 $Q_n$  — наивыгоднейшая вместимость скипа в  $m$ ,  
 $\Theta = 9_{\text{сек}}$  — пауза между подъемами.

Правая часть этого неравенства получена проф. Еланчиком из условия минимальных годовых расходов на энергию и минимальной мощности подъемного двигателя. Этому наивыгоднейшему полезному весу соответствует наивыгоднейшее время движения подъемных сосудов  $T_n = 4 \sqrt{H}$ , при котором эксплуатационные расходы и стоимость привода будут минимальными. По мнению проф. Г. М. Еланчика, это наивыгоднейшее время соответствует точке перегиба  $\rho = f(t)$ , характеристики динамического режима в функции продолжительности подъема.

Левая часть неравенства, определяющая наименьший допустимый груз, получена исходя из максимально допустимых правилами безопасности скоростей сосудов. Обоснованность формулы проф. Г. М. Еланчика не вызывает сомнений, так как на рентабельность работы подъемной уста-



новки главным образом влияют эксплуатационные расходы, из которых решающим фактором является стоимость энергии. Но здесь необходимо сделать два замечания: 1) проф. Г. М. Еланчик не исследует зависимости  $\eta = f(t)$ , к.п.д. установки в зависимости от емкости скипа; 2) вместимость скипа, полученная по формуле (1), не увязывается с номинальными скоростями отечественных подъемных машин. В результате этих упущений при выборе емкости сосудов по формуле (1) к.п.д. подъемной установки часто опускается ниже 50%, а скорость сосудов выходит за пределы номинальных скоростей, развиваемых нашими подъемными машинами.

Доц. В. Н. Киселев, исходя только из наименьшей мощности привода, получил следующую зависимость для определения наивыгоднейшей вместимости скипа

$$Q = 5,7 A_{\text{час}} \sqrt[4]{H}. \quad (2)$$

Значения, полученные по формуле (2), близки таковым, полученным по формуле (1). Здесь также не учитываются к.п.д. установки и скорости, развиваемые отечественными машинами.

Доцент Харьковского горного института З. М. Федорова решает вопрос выбора наивыгоднейшей емкости скипов для глубоких шахт [1] с учетом скорости подъема, типа органа навивки и его параметров, мощности двигателя, эксплуатационных и амортизационных затрат и диаметра каната. На основании анализа этих факторов она устанавливает ряд скипов для глубоких шахт (до 1300 м) с производительностью 1 млн.  $m$  и 800 тыс.  $m$  в год. К недостаткам способа определения наивыгоднейшей вместимости скипа, предложенного доц. З. М. Федоровой, следует отнести, во-первых, то, что она затронула узкий круг производительностей шахт, а значит, и предлагаемый ею ряд скипов можно применять в определенных конкретных условиях, во-вторых, она не дает обобщенной зависимости между наивыгоднейшим полезным весом скипа, производительностью и глубиной шахты, что затрудняет производить выбор скипа для различных условий, и, в-третьих, здесь также не учитываются номинальные скорости органов навивки отечественных подъемных машин.

Учитывая сказанное, нами сделана попытка определения наивыгоднейшего зараз поднимаемого груза скиповой подъемной установкой. Для различных шахт Сибири и Дальнего Востока методом вариантов нами произведены многочисленные расчеты по определению наивыгоднейшей емкости скипов. В каждом случае проектировалась работа подъема с выполнением теоретически возможной диаграммы скорости и максимальным к.п.д. подъемной установки, т. е. проводился полный расчет кинематики и динамики подъема. Результаты этих подсчетов сведены в табл. 1 и 2.

Ввиду того, что нами произведено определение наивыгоднейшего полезного веса скипа для конкретных условий, т. е. для определенных производительности и глубины шахт и конкретных типов подъемных машин, можно полагать, что учтены как экономические факторы (к.п.д. подъемной установки), так и технические (типы подъемных машин, выпускаемых в СССР, и их номинальные скорости).

На основании таблицы 2 нами и была выведена обобщающая формула для определения наивыгоднейшей емкости скипа.

Предположим, что эта наивыгоднейшая емкость скипа  $Q_n$  в  $m$  связана с производительностью и высотой подъема следующей зависимостью:

$$Q_n = a A_{\text{час}} H^n, \quad (3)$$

где  $a$  — неизвестный коэффициент,  
 $A_{\text{час}}$  — часовая производительность в  $m$ ,  
 $H$  — высота подъема в  $m$ .



Таблица 1

Наивыгоднейшая емкость скипа в тоннах

$Q=3m$	$A \text{ час}/m$	123	123,2	143	117	85	137	165	197	205	260	165	165			Производительность подъема
	$H_m$	293	407	192,7	540	497	300	152	192,7	169	228	193	295			Высота подъема
	$\eta_{ny}^0/\%$	56,0	60,1	—	56,2	—	58,7	50,0	63	51	60,5	60	58,7			К.п.д. установки
$Q=4m$	$A_{\text{час}}/m$	150	172	206	280	218	123,2	328	211	153,5	260	274				
	$H_m$	507	138	259	93	260	407	109	304	462	228	114				
	$\eta_{ny}^0/\%$	59,5	57,0	59,0	60,0	50,6	60,1	50,1	—	61,0	62,0	69				
$Q=6m$	$A_{\text{час}}/m$	325	330	246	300	246	274	164	180	410	310	123	550	421	376	
	$H_m$	283	154	305	470	305	270	170	151	193	251	521	123	190	392	
	$\eta_{ny}^0/\%$	—	—	50	56	58	68	58	—	53	—	59,5	—	—	—	
$Q=8m$	$A_{\text{час}}/m$	330	391	410	410	410	329	348	357	404	670	330	380	—	—	
	$H_m$	454	396	503	296	193	444	295	546,2	444	127	246,2	446,2			
	$\eta_{ny}^0/\%$	—	67	66,5	52	57	56,8	63	61,4	54,4	—	—	53			



Таблица 2

Наивыгоднейшая емкость скипа по средним значениям

$Q = 3 \text{ м}$			$Q = 4 \text{ м}$			$Q = 6 \text{ м}$			$Q = 8 \text{ м}$		
$A_{\text{час}} T$	$H_m$	$\eta_{\text{пу}}^0$	$A_{\text{час}} T$	$H_m$	$\eta_{\text{пу}}^0$	$A_{\text{час}} T$	$H_m$	$\eta_{\text{пу}}^0$	$A_{\text{час}} T$	$H_m$	$\eta_{\text{пу}}^0$
157,5	297	57,1	216	262	59,15	304	270	57,3	398	366	59,4

 $n$  — неизвестный показатель степени, $Q_n$  — наивыгоднейшая емкость в  $m$ .Для определения  $a$  и  $n$  воспользуемся данными табл. 2.Для скипа  $Q = 3 \text{ м}$  имеем:  $3 = a \cdot 157,5 \cdot 297^n$ , (с)„  $Q = 8 \text{ м}$  „  $8 = a \cdot 398 \cdot 366^n$ . (е)

Разделив уравнение (е) на (с), получим:

$$\frac{8}{3} = \frac{398}{157,5} \left( \frac{366}{297} \right)^n, \text{ откуда}$$

 $n = 0,237$ . Подставив это значение в уравнение (с), получим  $3 = a \cdot 157,5 \cdot 297^{0,237}$ , откуда  $a = 0,005$ .

Таким образом:

$$Q_n = 0,005 A_{\text{час}} H^{0,237} [m]. \quad (4)$$

Для проверки правильности полученной зависимости проделаем несколько примеров, взяв данные о производительности и высоте подъема из выше приведенных таблиц.

1)  $A_{\text{час}} = 216 \text{ м}; H = 262 \text{ м},$

$Q_n = 0,005 \cdot 216 \cdot 262^{0,237} = 4,03 \text{ м}.$

Из таблицы видим, что для этого случая  $Q = 4 \text{ м},$ 

2)  $A_{\text{час}} = 304 \text{ м}; H = 270 \text{ м},$

$Q_n = 0,005 \cdot 304 \cdot 270^{0,237} = 5,79 \text{ м}.$

Для этого случая имели  $Q = 6 \text{ м},$ 

3)  $A_{\text{час}} = 380 \text{ м}; H = 446,2 \text{ м},$

$Q_n = 0,005 \cdot 380 \cdot (446,2)^{0,237} = 8,05 \text{ м}.$

Для этого случая имели  $Q = 8 \text{ м}.$ 

Из этих и других аналогичных расчетов можно сделать заключение, что полученную по формуле (4) наивыгоднейшую вместимость скипа в тоннах надо округлить до ближайшей стандартной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова З. М. Основы проектирования рационального ряда скипов для глубоких шахт. Научные труды Харьковского горного института, т. I, 1952.
2. Еланчик Г. М. Рудничные подъемные установки, Гостоптехиздат, 1941.
3. Киселев В. И. Горная механика, Металлургиздат, 1952.
4. Киселев В. И. Определение наивыгоднейшего полезного груза опрокидного скипа, „Цветные металлы“, № 7, 1939.
5. Ильичев А. С. Рудничные подъемные машины, ОНТИ—НКТП—СССР, 1933.